

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Řešení náhrady broušení při opracování povrchů hydraulických
kostek**

Replac Ement of Grinding by Hydraulic Cube Surface Machining

Student:

Bc. Michal Kuře

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Kuře**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Řešení náhrady broušení při opracování povrchů hydraulických kostek**
Replac Ement of Grinding by Hydraulic Cube Surface Machining

Zásady pro vypracování:

1. Popis stávající technologie broušení hydraulických kostek.
2. Rozbor technologií schopných nahradit operaci broušení.
3. Návrh nové technologie jako náhrady procesu broušení.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HUMÁR, A.; PÍŠKA, M. Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály. *MM Průmyslové spektrum. Speciální vydání*, 2004, 110 s. ISSN 1212-2572.
[2] JÍLEK, A.; HOLUBÁŘ, P.; ŠÍMA, M. PVD povlaky na nástrojích ze slinutého karbidu. In *Sborník přednášek semináře Obráběcí nástroje Ostrava*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004, s. 19-25.
[3] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vydání, Praha: MM publishing, s.r.o., 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
[4] LEOPOLD, J. *Werkzeuge für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung*. Carl Hanser Verlag München Wien, 1999, 300 s. ISBN 3-446-2172-5.
[5] NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

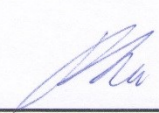
Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**

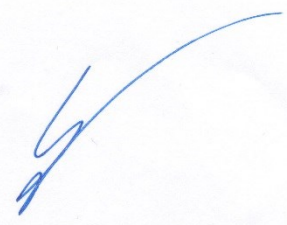
Konzultant diplomové práce: Ing. Petr Stibor

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. 5. 2015

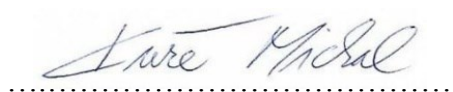
Bc. Michal Kuře

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby).

V Ostravě: 18. 5. 2015



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Michal Kuře

Adresa trvalého pobytu autora práce:

**Žichlínek č. 138
563 01 Lanškroun**

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KUŘE, M. *Řešení náhrady broušení při opracování povrchů hydraulických kostek: Diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2015, 54 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Tato diplomová práce se zabývá nahrazením broušení metodou třískového obrábění. V úvodu popisuji firmu V – NASS, a.s., odkud zadaný projekt vypracovávám. Dalším bodem je popis stávající technologie broušení a její problematiky. Dále je rozebrána metoda nahrazující broušení. Následně jsou provedeny zkoušky metody nahrazující broušení s patřičným vyhodnocením. Cílem je teoretický rozbor a návrh nové progresivnější technologie opracování.

Výsledkem této práce je ekonomické a technologické zhodnocení metody třískového obrábění i broušení. V závěru se obě metody porovnají a navrhne se řešení méně finančně nákladné.

ANNOTATION OF A MASTER THESIS

KUŘE, M. *Replac Ement of Grinding by Hydraulic Cube Surface Machining: Thesis.* Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machining and Assembly, 2015, 54 p. Supervisor: Mrkvica, I.

This thesis is dealing with replacing grinding method of cutting operation. In the introduction I am describing the company V - NASS, and, where assigned project is being processed. Another point is describing the existence of the grinding technology and its problems. The aim of the project is theoretical analysis and suggestion of a new progressive machining technology.

The result of this work is the evaluation of the economic and technological methods of metal cutting as well as grinding. In conclusion, both methods are compared and solutions less costly is suggested.

Obsah

Seznam značek a symbolů	7
Úvod a cíl diplomové práce	9
1 Popis stávající technologie a problematiky opracování hydraulických kostek	11
2 Návrh nové technologie opracování povrchu hydraulických kostek	16
2.1 Zkouška univerzální čelní frézou s vícehrannými destičkami	16
2.2 Zkouška dokončovací frézovací hlavou MICRO MILL	20
2.2.1 Zkouška za použití destiček YDA323L101 IN 0560 – cermet	21
2.2.2 Zkouška za použití destiček YDA323L101 IN 0540 – SK	25
2.3 Zkouška dokončovací frézovací hlavou MIRROWORX	33
2.4 Vyhodnocení zkoušek	41
2.4.1 Měření opotřebení VBD	42
3 Technicko – ekonomické zhodnocení	43
Závěr	48
Seznam použité literatury	50
Seznam obrázků	51
Seznam tabulek	53
Seznam příloh	54

Seznam značek a symbolů

Zkratka:	Popis:	Jednotka:
HK	hydraulické kostky	[-]
HSC	high speed cutting – vysokorychlostní obrábění	[-]
KB	šířka výmolu	[mm]
Kf	vzdálenost výmolu od čela	[mm]
KM	střední vzdálenost výmolu	[mm]
KT	hloubka výmolu na čele	[mm]
L ₁	dráha nástroje při prvním průchodu	[mm]
L _C	celková dráha nástroje	[mm]
N _p	náklady na dokončení	[Kč/ks]
N _v	náklady výsledné	[Kč/ks]
OC	obráběcí centrum	[-]
Ra	drsnost obrobeného povrchu	[μm]
R _m	pevnost v tahu	[MPa]
R _p	smluvní mez kluzu	[MPa]
SK	slinutý karbid	[-]
T _C	celkový čas dokončení	[min]
T _{C1}	čas dokončení v operaci 30	[min]
T _{C2}	čas dokončení v operaci 130	[min]
VB	opotřebení na hřbetě	[mm]
VB _B	opotřebení v primární části ostří (průměrné)	[mm]
VB _{Bmax}	opotřebení maximální	[mm]
VB _C	opotřebení v oblasti špičky nástroje	[mm]
VBD	vyměnitelné břitové destičky	[-]
VB _N	opotřebení ve formě vrubu	[mm]

VR	radiální opotřebení	[mm]
a_e	velikost záběru	[mm]
a_p	hloubka řezu	[mm.min ⁻¹]
f_z	posuv na zub	[mm]
t_{as}	čas jednotkového strojního času	[hod.]
v_c	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v_f	posuv v ose nástroje	[m.min ⁻¹]

Úvod a cíl diplomové práce

V dnešní době je strojírenská výroba charakterizována stále se zvyšujícími požadavky na několik činitelů: snižování výrobních časů, rozměrovou a tvarovou přesnost součástí, integritu povrchu a zvyšování trvanlivosti výrobních nástrojů. Těchto požadavků docílíme hledáním a realizací takových operací, které směřují k produktivitě výroby obrobků. (zavedení nových technologií ve výrobě, zkracování výrobních operací, automatizace výrobních operací a aplikace velmi přesných technologií). Značný rozvoj vědy a techniky je dalším aspektem dnešní doby. Důležitou částí vývoje a výzkumu je vysoký růst výroby ve strojírenství. Vyžaduje se stále většího spojení technologické praxe a teorie obrábění.

Neustále se hledají nové cesty snižování nákladů ve výrobě obráběcích strojů a efektivního obrábění nižších výrobních dávek. Taktéž je třeba pružně reagovat na měnící se požadavky odběratelů. V současné době lze na jednom obráběcím stroji, především na více profesních obráběcích strojích, obrábět součásti, které se dříve musely obrábět na několika strojích. Mezi vrcholové technologie dnešní doby se řadí obrábění 3D ploch. Jsou to náročné, prostorově nepravidelné a co do tvaru složité plochy. Jedním z východisek je metoda HSC (high speed cutting), která řeší problémy konvenčního obrábění právě zmiňovaných ploch. Cílem této metody je snížit cenu obrobku a zvýšení jakosti jeho obrobené plochy.

Tato diplomová práce byla vytvořena pro firmu V-NASS, a.s. (viz obr. 1), která spěje cestou inovativních výrobních procesů. Roku 1917 byla založena firma pod názvem Malostrojírna pro výrobu důlního zařízení v areálu Strojírny Vítkovického horního a hutního těžišstva. Od roku 1945 se výroba specializovala na výrobu pneumatického nářadí a strojů. O 6 let později byla firma přeměněna na nářad'ovnu, kde probíhala výroba nářadí pro podnik Vítkovice. V roce 1995 vznikla firma Vítkovice NASS, spol. s r.o., kde Vítkovice a.s. měla 100% podíl, o 2 roku později došlo k odprodeji majetkového podílu Vítkovice a.s. společností V-NASS, spol. s r.o. [1]

Od roku 1997 nastala stabilizace firmy a začala výroba přesných strojních dílů, firma taktéž změnila orientaci na exportní politiku. Došlo k dynamickému rozvoji a nákupu nových technologií. Export překročil hranici 50% produkce, přičemž se vyváželo do Evropy a do Severní Ameriky. V roce 2006 získala firma titul FIRMA ROKU 2006 Moravskoslezského kraje, export byl rozšířen o dodávky do Jižní Ameriky a Asie. [1]

Dalším mezníkem se stal rok 2009, kdy firma začala rozvíjet montovanou výrobu a byly prováděny zkoušky podmořských zařízení. Došlo k posunu nabídky v komplexní služby požadované zákazníkem. [1]

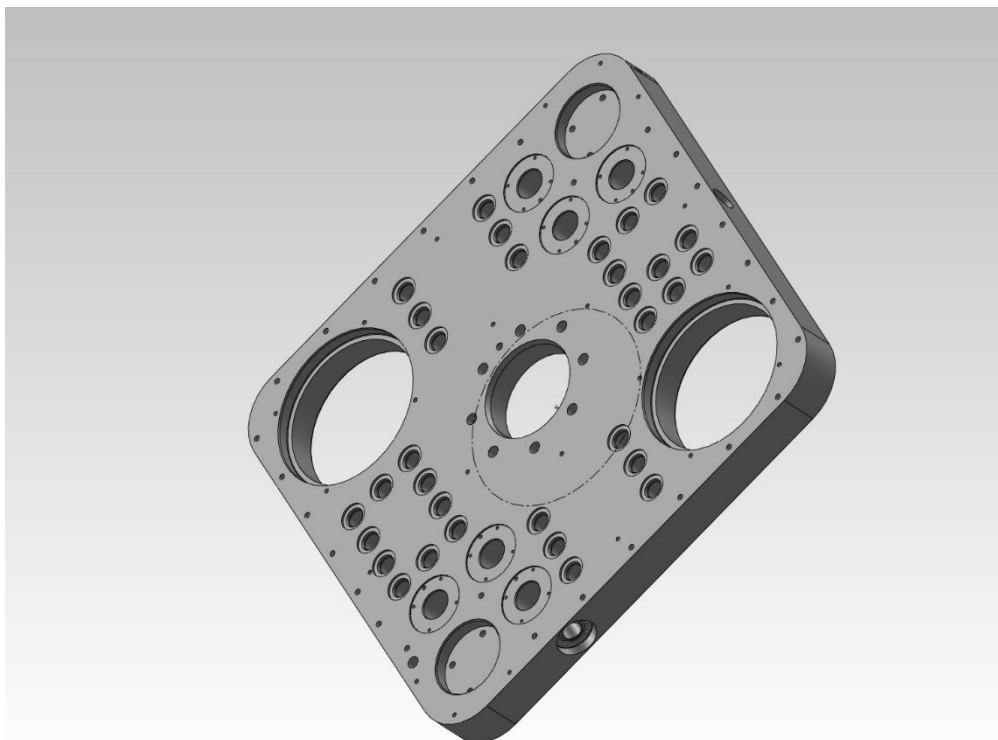
Firma V-NASS se specializuje na velmi přesnou a technologicky náročnou výrobu strojních dílů v širokém spektru oborů. Především jsou to díly pro podmořskou těžbu ropy, díly pro jaderné elektrárny a díly pro stroje dodávané do celého světa. [1]



Obr. 1 Firma V-NASS, a.s. [1]

Ve firmě V-NASS byl zadán požadavek nahradit opracování povrchu hydraulických kostek z nerezové oceli 1.4404 (dle normy EN 10088-1), vyráběných metodou broušení, za progresivnější technologii opracování. Cílem této práce tedy je zefektivnění procesu výroby povrchu HK a tím dosažení časové a finanční úspory ve vztahu k obrobku.

1 Popis stávající technologie a problematiky opracování hydraulických kostek



Obr. 1.1 Model BASEPLATU (hydraulické kostky) – pohled na obráběnou plochu

V současnosti se hydraulické kostky z materiálu X2CrNiMo 17-12-2 brousí na rovinných bruskách. Malé kostky se brousí na horizontálních bruskách, větší hydraulické kostky na vertikálních. Broušení rozměrnějšího obrobku Baseplate č. v. 416-30041-05-068 (viz výkresová příloha) se provádí v kooperaci na dvě operace. To s sebou nese rizika na poškození povrchu hydraulických kostek a velké náklady na zmiňovaný transport.

Dalším nevyhovujícím aspektem byl samotný proces broušení. V hydraulických kostkách jsou vyvrtané otvory, skrze které v praxi proudí médium. Hydraulické kostky jsou komponentem v ropném průmyslu pro práci za vysokých tlaků, proto je velmi důležitá naprostá neprodyšnost, rovinnost a drsnost obrobené plochy. V procesu broušení, kdy brusné zrno se dostane do přerušovaného řezu důsledkem vyvrtaných otvorů, dojde k tomu, že nám brusné zrno zanechá vizuální a tedy nepřípustnou stopu.

V operaci 30 se provádí hrubování a v operaci 130 dokončení načisto (**viz tab. 1.1**). Opracování ploch musí dosahovat, dle požadavku zákazníka drsnosti $Ra = 0,8 \mu m$ a rovinnost $0,05 mm$.

Požadavek zákazníka byl, že u všech těsnicích ploch kolem vstupních otvorů hydraulických kostek, mohly být stopy po brusném zrně pouze ve tvaru soustředných kružnic kolem osy otvorů, z důvodu zajištění co nejlepší těsnosti (**viz obr. 1.2**)



Obr. 1.2 Detail broušených soustředných kružnic kolem vyvrtané díry

Operace, která se z tohoto důvodu prováděla, byla hodně pracná, zdlouhavá a nákladná, protože se prováděla zámečnický pomocí speciálních trnů s přilepeným smirkem na čele tohoto trnu. Proto byla zvolena metoda dokončení frézováním, kdy žádné stopy a rýhy nevznikají a tím další zámečnické operace odpadají.

Tab. 1.1 Technologický postup HK s broušením v kooperaci

Operace	Název	Typ	Název
10	ŘJ (vstupní kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
20	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
30	Broušení	Kooperace	
40	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
50	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů
60	Centrum frézovací	Jednicová operace	Hor. centrum velké
70	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
80	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů
90	ŘJ 3D	Jednicová operace	3D měřicí nástroj
100	ŘJ (mezioperační)	Režijní operace	Kontrola ORJ
110	Všeobecná	Kooperace	Chemické čištění
120	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
130	Broušení	Kooperace	
140	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
150	MULTI 4	Jednicová operace	Značící zařízení MULTI 4
160	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů
170	ŘJ (mezioperační)	Režijní operace	Kontrola ORJ
180	Povlakování	Kooperace	Povlak
190	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
200	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů
210	ŘJ (kontrola zákazník)	Režijní operace	Kontrola zákazníkem
220	ŘJ (výstupní kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
230	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů
240	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ

Materiál hydraulických kostek:

Materiálem hydraulických kostek je chrom niklová austenitická nestabilizovaná molybdenová nízkouhlíkatá ocel značením dle ČSN 10088-1 1.4404 (X2CrNiMo 17-12-2). Používá se pro svařované konstrukce v agresivním prostředí průmyslového typu, v přímořském prostředí, chemicky upravovaná prostředí bazénů. Tato nerezová ocel má sklon ke zpevňování za studena při tváření, nebo při obrábění nevhodnými řeznými podmínkami. Nemá to však vliv na korozní odolnost. S nárůstem teploty klesá R_m a R_p . [2]

Tab. 1.2 Chemické složení [2]

Cr 16,5 – 18,5 %	Ni 10 – 12 %	C < 0,03%	Mo 2 - 2,5%
------------------	--------------	-----------	-------------

Tab. 1.3 Mechanické vlastnosti [2]

Pevnost v tahu R_m	520 – 680 N/mm ²
Mez průtažnosti (kluzu) R_p	0,2 min 220 N/mm ²
Žíhací teplota	1000 – 1100 °C
Tažnost	A80 mm min. 40%

Operace broušení se provádí v kooperaci na brusce rovinné vertikální:

Typ stroje: **BPV 80A**

Výrobce: **KOVOSVIT Holoubkov**

Této rovinné brusky se využívá v kooperaci broušení, operace 30 – hrubování a operace 130 dokončování, kde se hydraulické kostky dokončují na čisto.

Nevýhodou dalšího pracoviště pro dokončení byla i jeho další manipulace s obrobkem pro jeho transport a docházelo tak k znehodnocení obrobku (při manipulaci vznikly vizuální stopy poškození, následně probíhala reklamace na kooperanta).

Tab. 1.4 Bruska rovinná BPV 80 A

Parametry stroje BPV 80 A		
Maxim. šířka broušení	800	mm
Maxim. délka broušení	3000	mm
Stupeň přesnosti / jakost opracov. plochy	IT 4 / 0,8	
Otáčky brusného vřetena	740	1/min

Postup dokončení ploch:

Brousicí segmenty: 85 x 56 x 63 mm

Jakost segmentu: S-A 3SA36F14 / 4NV12L (firma Norton, typ materiálu
SG - příloha)

Tab. 1.5 Řezné podmínky

Řezné podmínky		
Obvodová rychlost	35	m/s
Přisun v úvratí stolu: hrubování	0,025	mm
na čisto	0,005	mm
Posuv stolu: hrubování	8	m/min
na čisto	3	m/min

Chladicí kapalina: AQUAL 3010

Použití přípravku: s vodou mísitelný obráběcí olej

Výrobce: ADDIOL Czech Republic s.r.o.

Přípravek na bázi minerálního oleje s nízkým obsahem polyaromatických uhlovodíků, ionogenních a neionogenních emulgátorů a modifikovaných alkoholů. Rozpustnost ve vodě ve všech mísitelných poměrech.

AQUAL 3010 je univerzální s vodou mísitelná obráběcí kapalina, která je připravena z rozpouštědlově rafinovaného minerálního oleje s nízkým obsahem polyaromatických uhlovodíků, ionogenních emulgátorů, protikorozních aditiv a glykoletheru.

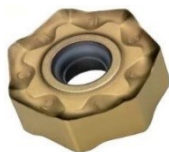
Doporučený podíl koncentráту ve vodě v rozmezí 5 – 15%.

2 Návrh nové technologie opracování povrchu hydraulických kostek

Tento návrh nové technologie výroby povrchů HK bude použit na rozšíření výrobních možností ve firmě V – NASS a.s. s ohledem na dosažení povchu $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ za podstatně nižších výrobních časů než při použití staré technologie opracování povrchů HK. Nová technologie se může také využít, jako náhrada broušení větších dílů, které nelze již ve firmě V – NASS a.s. brousit ve vztahu k rozměru obrobků a musí se vyvážet do kooperace.

2.1 Zkouška univerzální čelní frézou s vícehrannými destičkami

U této zkoušky bylo frézování uskutečněno na frézovacím obráběcím centru MCV 1270 CNC (viz obr. 2.2) za použití univerzální čelní frézy s vícehrannými destičkami od firmy Mitsubishi průměru 100 mm (viz obr 4.3). Využili se čtrnáctihranné destičky pro obrábění ocelí a korozi vzdorných ocelí AHX 640S (viz obr. 2.1).



Obr. 2.1 Destička AHX 640S s povlakem MP 7030 [3]

Jedná se o ekonomickou oboustrannou destičku s dvojitou pozitivní geometrií ostří, která nabízí nižší řezný odpor, což zvyšuje výkonost obrábění. Díky zvětšené tloušťce destiček je zajištěna vysoká tuhost. [3]

Na vícehranné destičce je nanesen povlak pro korozi vzdorné oceli s označením MP 7030. Jedná se o vícevrstvý povlak vyvinutý na bázi titanu, zajišťuje výbornou odolnost proti opotřebení a lomu. Speciální houževnatý substrát z SK dodává potřebné vynikající vlastnosti při obrábění těžko obrobitelných materiálů, např. nerezových ocelí.[3]

- *Chlazení nástroje:* Chladicí emulze SHELL ADRANA D208, koncentrace 7 – 8%
- *Obráběný materiál:* X2CrNiMo17 – 12 – 2 (AISI316L) austenitická nerez
- *Rozměr polotovaru:* 241 x 182 x 67 mm
- *Operace:* frézování horní plochy na opracování $R_a = 0,8 – 1,6 \mu\text{m}$ na dva průchody
- *Nástroj:* Univerzální čelní fréza s vícehrannými destičkami D100 ($z=7$)
- *Destičky:* AHX 640S s povlakem MP7030





Obr. 2.2 Vertikální obráběcí centrum MCV 1270

Tab. 2.1 Technické parametry stroje MCV 1270 CNC [4]

Typ stroje	MCV1270 CNC
Výrobce	MAS
Otáčky vřetene	8000 ot/min
Výkon hl. elektromotoru	28 kW
Upínací plocha stolu	1500 x 670 mm
Pojezd osy X	1270 mm
Pojezd osy Y	610 mm
Pojezd osy Z	720 mm



Typ	Objednací kód	Sklad	Chladičí kanálek	Počet zubů	Rozměry (mm)								Hmotnost (kg)	Max. hloubka řezu ap (mm)	Typ (dobr.)	 * Upínací šroub	 Klíč	
					D1	D2	L1	D9	L7	D8	D12	W1						L8
Jemná rozteč	AHX640S-063A05AR	●	○	5	63	75.6	50	22	20	11	50	10.4	6.3	0.6	6	1	CS5015060T	TKY20T
	-080A06AR	●	○	6	80	92.6	50	27	23	13	56	12.4	7	1.0	6	1	CS5015060T	TKY20T
	-100B07AR	●	○	7	100	112.6	50	32	32	45	78	14.4	8	1.6	6	2	CS5015060T	TKY20T
	-125B08AR	●	○	8	125	137.6	63	40	42	56	89	16.4	9	3.0	6	2	CS5015060T	TKY20T
	-160C10NR	●	—	10	160	172.6	63	40	29	56	120	16.4	9	5.2	6	3	CS5015060T	TKY20T
	-200C12NR	●	—	12	200	212.6	63	60	32	140	175	25.7	14.22	7.5	6	4	CS5015060T	TKY20T

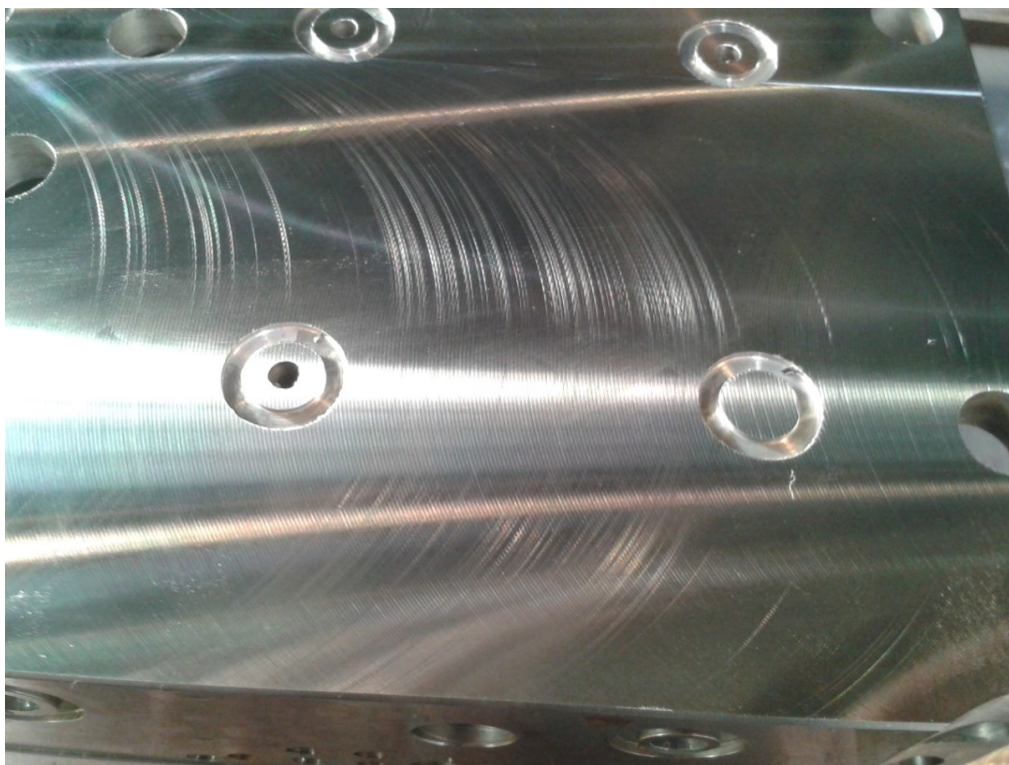
Obr. 2.3 Univerzální čelní fréza s vícehrannými destičkami D100 [3]

Tab. 2.2 Parametry frézování

Řezná rychlost v_c	100 m.min ⁻¹
Otáčky n	318 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	0,065 mm
Rychlost posuvu v_f	145 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,2 mm

V případě použití frézovacích parametrů (viz tab. 2.2) bylo dosaženo opracování povrchu na drsnost $R_a = 0,4 - 0,8 \mu\text{m}$ (viz obr. 2.4), který se měřil drsnoměrem Mahr MarSurf PS1, přes přechod napojení bylo pak naměřeno $R_a = 2 \mu\text{m}$. Rovinnost v ose X a ose Y byla naměřená tisícinovým číselníkovým úchylkoměrem 0,01 mm.

**Obr. 2.4** Zkouška č. 1 – vizuální stopy celé plochy



Obr. 2.5 Zkouška č. 1 – vizuální stopy – detail

Závěr zkoušky univerzální čelní frézou s vícehrannými destičkami

Z výsledků zkoušek vyplývá, že vizuální opracování nedosahuje požadavku zákazníka, protože tato fréza zanechává stopy v materiálu, které jsou nepřijatelné (viz obr. 2.5).

Zkouška je nevyhovující.

2.2 Zkouška dokončovací frézovací hlavou MICRO MILL

Druhá zkouška byla provedena na frézovacím obráběcím centru MCFV 2080 dokončovací frézovací hlavou **MICRO MILL** pro rovinné plochy od firmy ISCAR - Ingersoll. Zkoušení bylo provedeno v první fázi destičkami YDA323L101 IN 0560 z cermetu a v další fázi destičkami YDA323L101 IN 0540 z SK. Zkoušky budou realizovány na obráběcím stroji MCFV 2080 (viz obr. 2.6).

- *Chlazení nástroje:* Chladicí emulze Condat POLYBIO 2000, koncentrace 7-8%
- *Obráběný materiál:* X2CrNiMo17 – 12 – 2 (AISI316L) austenitická nerez
- *Rozměr polotovaru:* 253 x 195 x 70 mm
- *Nástroj:* frézovací hlava MICRO MILL



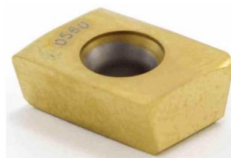
Obr. 2.6 OC MCFV 2080 [5]

Tab. 2.3 Technické parametry stroje MCFV 2080 [5]

Osa X (pracovní stůl)	2030 mm
Osa Y (křížový suport)	810 mm
Osa Z (vřeteník)	810 mm
Vzdálenost čela vřetena od stolu	110 – 920 mm
Max. pracovní posuv	15 m.min ⁻¹
Rychloposuv	30 m.min ⁻¹
Zrychlení	3,5 m.s ⁻²
Pracovní plocha	2200 x 780 mm
Počet T-drážek x šířka x rozteč	5 x 18 x 160 mm
Max. zatížení	3000 kg

2.2.1 Zkouška za použití destiček YDA323L101 IN 0560 – cermet

Povlakovaný cermet (viz obr. 2.7) je určený pro dokončovací frézování ocelí za vysokých řezných rychlostí. Je vhodný pro obrábění korozivzdorných a austenitických ocelí, pro plynulé dokončovací obrábění. Doporučené řezné rychlosti výrobcem jsou 200 a 250 m/min. [6]



Obr. 2.7 Povlakovaný cermet [6]

Zkouška č. 1

Tab. 2.4 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	250 m.min ⁻¹
Otáčky n	1263 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	5052 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,03 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,7 – 0,9 mm
Chlazení: bez chlazení	Opracování: Ra 0,5 μm

U této zkoušky se vycházelo z parametrů doporučených řezných podmínek přímo od výrobce řezných destiček. Samotný proces frézování nebyl doprovázen chladicím médiem. Po změření obrobene plochy drsnoměrem Mahr MarSurf PS1 (viz obr. 2.8) jsme naměřili drsnost obrobene plochy $Ra = 0,5 \mu m$.



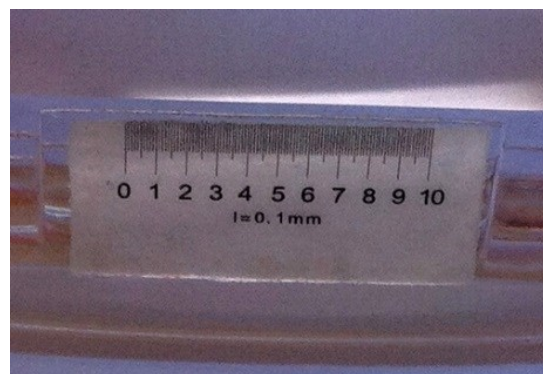
Obr. 2.8 Drsnoměrem Mahr MarSurf PS1

Povrch byl však vizuálně horší, „chlupatěl se“ a tříska se lepila na břit destičky. Při procesu frézování za výše specifikovaných podmínek došlo i přímo k vyštípnutí řezné destičky.

Následně bylo změřeno opotřebení na hřbetu řezných destiček a to po dokončení celé jedné operace bez výměny destičky 0,7 – 0,9 mm pomocí měřicí lupy od firmy SANDVIK Coromant (viz obr. 2.9).



Obr. 2.9 Měřicí lupa firmy SANDVIK Coromant



Obr. 2.10 Detail měřicí stupnice lupy SANDVIK Coromant

Na obr. 2.10 je znázorněn detail měřicí stupnice lupy SANDVIK Coromant. Měřicí lupou SANDVIK lze měřit v přesnosti na desetiny milimetru.

Zkouška č. 2

Tab. 2.5 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	250 m.min ⁻¹
Otáčky n	1263 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	5052 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,03 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,7 – 1 mm
Chlazení: chladičí emulze	Opracování: Ra = 0,5 µm
Rovinnost: 0,01 mm	

U této zkoušky byly zachovány stejné řezné parametry. Frézovací proces byl tentokrát doprovázen chladicím médiem. Po změření obrobené plochy tisícínovým číselníkovým úchylkoměrem, se změřila drsnost drsnoměrem Ra = 0,5 µm.

Povrch byl však vizuálně horší, nedocházelo k „chlupatění“ povrchu. Tříška se ale lepila na břit destičky a tvořil se nárůstek. S přibývajícím počtem třísek, docházelo k opotřebení destičky (viz obr. 2.13) a následnému zhoršení opracování obráběné plochy (viz obr. 2.12).

Následně bylo změřeno opotřebení na hřbetu řezných destiček 0,7 – 1,0 mm pomocí měřicí lupy od firmy SANDVIK Coromant (viz obr. 2.9).



Obr. 2.11 Fréza D63 s použitím jedné destičky



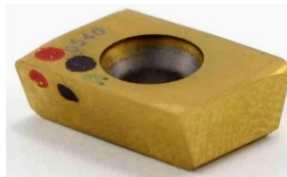
Obr. 2.12 První zkouška řádkováním



Obr. 2.13 Destička YDA323L101 IN0560 CERMET – nadměrné opotřebení hřbetu destičky

2.2.2 Zkouška za použití destiček YDA323L101 IN 0540 – SK

Jedná se o slinutý karbid povlakovaný vrstvou TiN. Tento materiál se používá v dnešní době v běžné praxi. [6]



Obr. 2.14 Řezná destička IN 0540 – SK [6]

Zkouška č. 3

Tab. 2.6 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	250 m.min ⁻¹
Otáčky n	1263 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	5052 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,03 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,9 – 1,2 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: Ra = 0,8 μm

U této zkoušky za použití destiček YDA323L101 IN5040 z SK se vycházelo z doporučených řezných parametrů přímo od výrobce. Frézování bylo uskutečněno za pomoci chladicího média SHELL ADRANA D208. Po procesu frézování se naměřila drsnost obrobenej plochy pomocí drsnoměru Ra = 0,8 μm, povrch byl vizuálně špatný. Tato zkouška nevyhověla, došlo k vyštípnutí břitové destičky a tedy velkému opotřebení, které bylo změřeno pomocí lupy SANDVIK a to 0,9 – 1,2 mm (viz obr. 2.9).

Zkouška č. 4

Tab. 2.7 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	250 m.min ⁻¹
Otáčky n	1263 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	5052 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,9 – 1,2 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: Ra = 0,8 μm

V další zkoušce byla změněna pouze hloubku řezu (a_p). Ukázalo se, že tato změna hloubky třísky neměla žádný vliv na změnu jakosti opracované plochy. Po změření obrobené plochy drsnoměrem Mahr MarSurf PS1, se naměřila drsnost Ra = 0,8 μm.

Povrch byl stále vizuálně špatný. Došlo k vyštípnutí břitové destičky, přičemž její opotřebení na hřbetu dosahovalo 0,9 – 1,2 mm.

Zkouška č. 5

Tab. 2.8 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	300 m.min⁻¹
Otáčky n	1516 min⁻¹
Posuv na zub f_z	3,3 mm
Rychlost posuvu v_f	5052 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,9 – 1,3 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: Ra = 0,5 μm

V další zkoušce byly provedeny změny frézovacích parametrů a to zvýšení řezné rychlosti (v_c), zvýšení otáček vřetena (n), a byl snížen posun na zub (f_z). Po změření obrobené plochy drsnoměrem Mahr MarSurf PS1, byla naměřena drsnost $R_a = 0,5 \mu\text{m}$.

Povrch byl vizuálně špatný, s každou třískou se povrch zhoršoval. Došlo k vyštípnutí břitové destičky a to v délce 3 mm, přičemž její opotřebení na hřbetu dosahovalo 0,9 – 1,3 mm, které bylo změřeno měřicí lupou SANDVIK (viz obr. 2.9).

Tato zkouška byla nevyhovující.

Zkouška č. 6

Tab. 2.9 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	300 m.min ⁻¹
Otáčky n	1516 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	1,3 mm
Rychlost posuvu v_f	2000 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,9 – 1,3 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: $R_a = 0,5 \mu\text{m}$

Další zkouškou bylo snížení posuvu na zub (f_z) a rychlost posuvu (v_f). Snížení těchto parametrů se nijak zásadně nepromítlo ve výsledcích od zkoušky předchozí. Došlo k vyštípnutí břitové destičky a její opotřebení na hřbetu dosahovalo 0,9 – 1,3 mm. Při celém procesu frézování jsme nástroj chladili chladicí kapalinou.

V tomto případě jsme dosáhli opracování $R_a = 0,5 \text{ mm}$ s vizuálně lesklým povrchem. Drsnost obrobené plochy R_a byla změřena pomocí drsnoměru. Poslední tříska opracování byla horší. Tato zkouška nevyhovuje požadavkům.

Zkouška č. 7

Tab. 2.10 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	360 m.min⁻¹
Otáčky n	1820 min⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	7280 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,9 – 1,3 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: $R_a = 0,3 \mu\text{m}$

V další kroku byly nastaveny parametry na maximální hodnoty, které výrobce destiček doporučuje. Při nastavení těchto obráběcích parametrů došlo v procesu frézování k vyštípnutí břitové destičky, a to v celé délce řezu. Opotřebení na hřbetu břitové destičky, které jsme naměřili, dosahovalo 0,9 – 1,3 mm. Následné naměřené opracování povrchu drsnoměrem dosahovalo $R_a = 0,3 \mu\text{m}$, povrch byl na pohled vizuálně lesklý. Tato zkouška však nevyhovuje.

Zkouška č. 8

Tab. 2.11 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	180 m.min⁻¹
Otáčky n	910 min⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	3640 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,4 – 0,6 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: $R_a = 0,5 \mu\text{m}$

Vzhledem k velkému opotřebení a vyštípání břitové destičky, bylo provedeno u této zkoušky snížení frézovacích parametrů na co nejmenší frézovací parametry, doporučené výrobcem břitových destiček. Výsledkem bylo opětovné vyštípnutí břitové destičky, opotřebení hřbetu břitové destičky se snížilo na 0,4 – 0,6 mm.

Po procesu frézování jsme naměřili opracování $R_a = 0,5 \text{ } \mu\text{m}$. Tato zkouška není vyhovující.

Zkouška č. 9

Tab. 2.12 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	130 m.min⁻¹
Otáčky n	657 min⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	2628 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ano	Opotřebení: 0,4 – 0,5 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: $R_a = 0,5 \text{ } \mu\text{m}$

Vzhledem ke snížení opotřebení u předešlé zkoušky, došlo u této zkoušky ke snížení řezné rychlosti (v_c), otáček (n) a rychlosti posuvu (v_f). Stále přetrvávalo vyštípnutí břitové destičky (lehké vydrolení na břitu) a opotřebení hřbetu bylo naměřeno 0,4 – 0,5 mm.

Na frézovaném povrchu bylo naměřeno opracování $R_a = 0,5 \text{ } \mu\text{m}$, tříska se ale lepila a tak se povrch jevil jako „chlupatý“.

Zkouška č. 10

Tab. 2.13 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	90 m.min ⁻¹
Otáčky n	455 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	1820 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ne	Opotřebení: 0,05 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: Ra = 0,3 μm
Rovinnost: 0,02 mm	

V další zkoušce jsme snížili řeznou rychlost (v_c), otáčky (n) a rychlost posuvu (v_f) na samé minimum. Tato zkouška proběhla bez vyštípnutí břitové destičky s opotřebením na hřbetu břitové destičky 0,05 mm, jevila tedy pouze známky lehkého opotřebení.

Výsledným měřením opracování jsme naměřili hodnotu Ra = 0,3 μm a rovinnost 0,02 mm.



Obr. 2.15 Nejlepší dosažené opracování Ra = 0,3 μm a rovinnost 0,02 mm

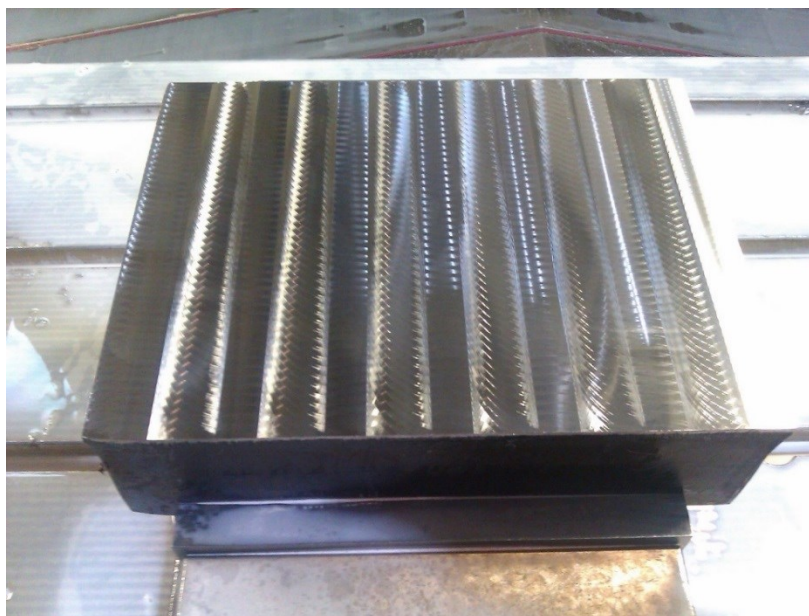
Zkouška č. 11 – změna směru třísky příčně

Tab. 2.14 Řezné parametry

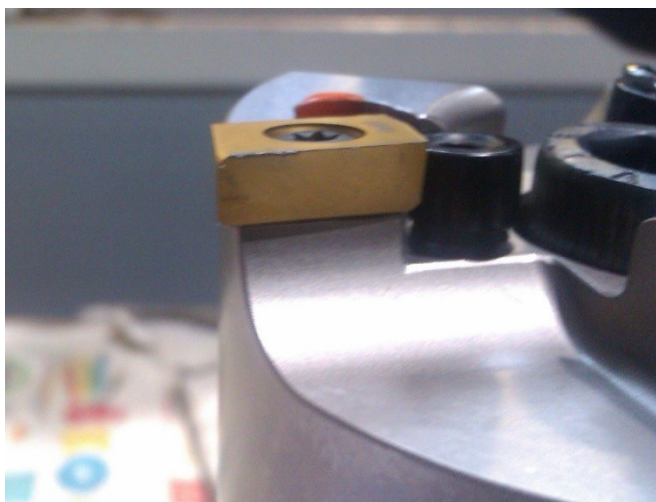
Řezná rychlost v_c	90 m.min ⁻¹
Otáčky n	455 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	4 mm
Rychlost posuvu v_f	1820 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,05 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Vyštípnutí: ne	Opotřebení: 0,05 – 0,1 mm
Chlazení: chladicí emulze	Opracování: $R_a = 0,6 \mu\text{m}$
Rovinnost: 0,02 mm	

Výchozí parametry pro tuto zkoušku byly navoleny stejné jako u zkoušky předchozí. Změnil se pouze směr frézování a to na frézování v příčném směru. V příčném směru prokazovala zkouška horší horšího dosaženého opracování a to $R_a = 0,6 \text{ mm}$ a povrch se jevil jako vizuálně špatný.



Obr. 2.16 Změna směru třísky příčně



Obr. 2.17 Destička YDA323L101 IN0540 SK – nárůstek na břitech



Obr. 2.18 Vizuální stopy po destičce po 4 mm (posuv 4 mm na VBD)

Závěr druhé zkoušky:

Druhá zkouška prokázala horší výsledky než zkouška první. Po optimalizování podmínek na fréze byly známky běžného opotřebení bez vyštípnutí ostří.

Dosažené opracování opracované plochy nesplňovalo naše požadavky, na obrobené ploše byly znatelné vizuální stopy způsobené průchodem třísky řádkováním. S počtem přibývajících třísek se opracování zhoršovalo.

Bylo dosaženo opracování $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ změřené drsnoměrem Mahr MarSurf PS1 a s pomocí tisícínového číselníkového úchylkoměru rovinnost 0,02 mm.

2.3 Zkouška dokončovací frézovací hlavou MIRROWORX


Dokončovací frézovací hlava **MIRROWORX** (tzv. hladička) pro rovinné plochy s drsností lepší než $Ra\ 0,8$ (viz tab. 2.15). Jedná se o rovinnou frézu, která byla vyvinuta speciálně pro výrobu absolutně hladkých a rovných ploch při dobré hospodárnosti.

Mezi výhody frézy patří Ra lepší jak $0,8\ \mu m$, díky čemuž odpadá proces broušení a odbourání externích kooperací broušení. Další výhodou je jemné nastavení, které vyrovná nepřesnosti stroje. Při procesu frézování jsou u této frézy využity vždy všechny 3 řezné hrany. Fréza také disponuje tichým chodem.

Tab. 2.15 Obráběcí nástroj Mirroworx[7]

	Nástroj	Nástrčná fréza D 52 MIRROWORX ($z = 2$) (SEMACO) Přívod vnitřního chlazení
	Destičky	TEHX 16T3 ZF HSC05

Tab. 2.16 Vyměnitelné destičky TEHX 16T3 ZF z materiálu HSC05 [7]

Vyměnitelné destičky:		Objednací č.	Označení dle DIN	l	s	r	Imbusový šroub	Materiál	Povlakování
		04 84 835	TEHX 16T3 ZF	cca 16,6	4	0,2	M 3,5	HSC 05	PVTi

Zkouška bude uskutečněna na obráběcím frézovacím centru **MCFV 2080** (viz obr. 2.6, tab. 2.3). Upnutí obrobku bude realizováno přímo na stole obráběcího stroje MCFV 2080. Upínáním na 4 broušené kostky docházelo k vibracím a tím i ke zhoršení povrchu opracované plochy.

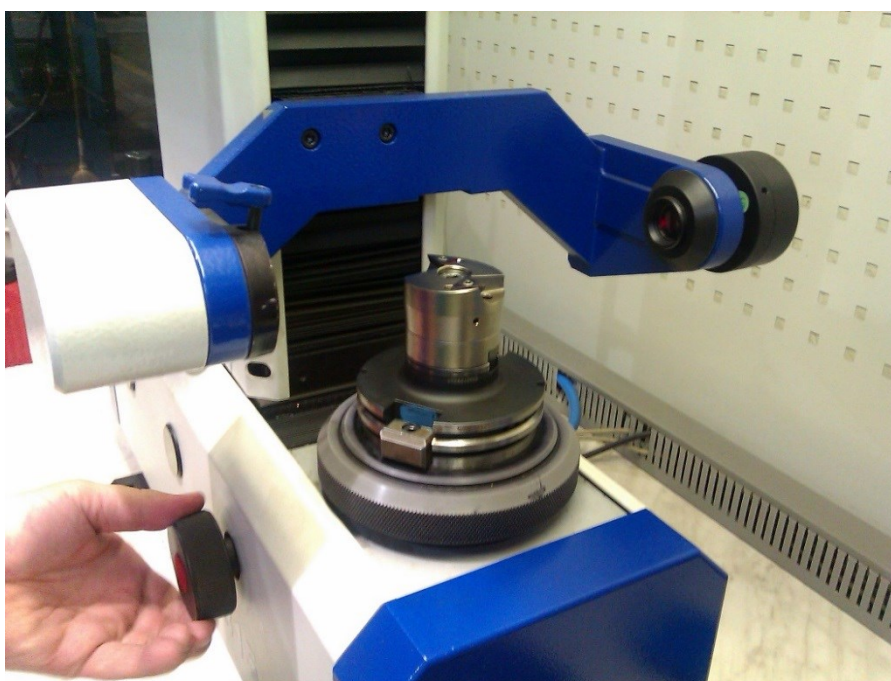
Operace:

Rovinné frézování pro dosažení co nejlepšího opracování a rovinnosti do hodnoty 0,05 mm. Následně budou odvrtané otvory 9 x Ø16 a poslední zkouška bude provedena přes přerušovaný řez těchto vyvrtaných otvorů.



Destičky byly na seřizovacím přístroji **BMD 315v HSC (KC)**, (viz obr. 2.19) vyrovnané vůči sobě do 0,002 mm. Tohoto vyrovnání je zapotřebí, aby nedocházelo při samotném frézovacím procesu ke stopám, které nevyrovnáním destiček fréza způsobuje. Maximální přípustná tolerance vyrovnání je do **0,003 mm**.

Obr. 2.19 Vertikální seřizovací přístroj
BMD 315v HSC (KC)



Obr. 2.20 Měření VBD na přístroji BMD 315v HSC

Chladicí emulze Polybio 200:

Jedná se o emulgační obráběcí olej ředitelný vodou, určený pro klasické obráběcí operace zejména litiny a oceli včetně broušení. Mezi hlavní přednosti patří dobrá mazivost a dobré chladicí vlastnosti, ekologičnost a ekonomičnost. [8]

Tab. 2.17 Vlastnosti emulgačního oleje Polybio 200 [8]

Vzhled	Čirá žlutá kapalina
Hustota při 15°C	1,038 g/cm ³
Kinematická viskozita při 40°C	16 mm ² /s
Teplota skladování	5 - 40°C, zamezit zmrznutí
Doba skladovatelnosti	1 rok v původním obale
pH při koncentraci 1:20 (5%)	9,4
Provozní koncentrace emulze Broušení	3 – 5 %
Provozní koncentrace emulze Obrábění oceli, dělení	4 – 7 %
Chování - Koroze oceli	Minimum 1:50 (2%)

Zkouška č. 1**Tab. 2.18** Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	120 m.min ⁻¹
Otáčky n	735 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	0,7 mm
Rychlost posuvu v_f	1029 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,07 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

U této zkoušky se vycházelo z parametrů doporučených řezných podmínek přímo od výrobce SEMACO. Samotný proces frézování nebyl doprovázen chladicím médiem.

Při procesu frézování za výše specifikovaných podmínek došlo i přímo k vyštípnutí řezné destičky (viz obr. 2.21). Následně bylo změřeno opotřebení na hřbetu řezných destiček 0,6 – 0,9 mm pomocí měřicí lupy od firmy SANDVIK Coromant (viz obr. 2.9).



Obr. 2.21 Opotřebení břitové destičky - vyštípnutí

Zkouška č. 2

Tab. 2.19 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	180 m.min⁻¹
Otáčky n	1102 min⁻¹
Posuv na zub f_z	0,5 mm
Rychlost posuvu v_f	1102 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,07 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

V další zkoušce se změnily frézovací parametry na maximální doporučené a to řeznou rychlost (v_c), otáčky vřetena (n) a snížili jsme posun na zub (f_z).

Došlo k vyštípnutí břitové destičky a její opotřebení na hřbetu dosahovalo 0,5 – 0,8 mm. Tato zkouška byla nevyhovující.

Zkouška č. 3

Tab. 2.20 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	180 m.min ⁻¹
Otáčky n	1102 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	0,25 mm
Rychlost posuvu v_f	551 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,07 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

V další zkoušce byl snížen posuv na zub (f_z) a rychlost posuvu (v_f), volili jsme tak z výsledků předchozích zkoušek – docházelo stále k vyštípnutí břitové destičky. Snížením těchto parametrů se předešlo vyštípnutí a snížilo se opotřebení na hřbetu břitové destičky na hodnotu 0,05 – 0,1 mm. Řezné parametry je třeba ještě dále optimalizovat.

Zkouška č. 4

Tab. 2.21 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	180 m.min ⁻¹
Otáčky n	1102 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	0,23 mm
Rychlost posuvu v_f	500 mm.min⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,025 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Následovala zkouška se snížením frézovacích parametrů, posuvu na zub (f_z), rychlosti posuvu (v_f) a hloubky třísky (a_p). Tato zkouška prokázala nejlepších dosažených výsledků.

Opotřebení břitové destičky na hřbetu bylo naměřeno 0,05 – 0,08 mm a to bez vyštípnutí ostří.

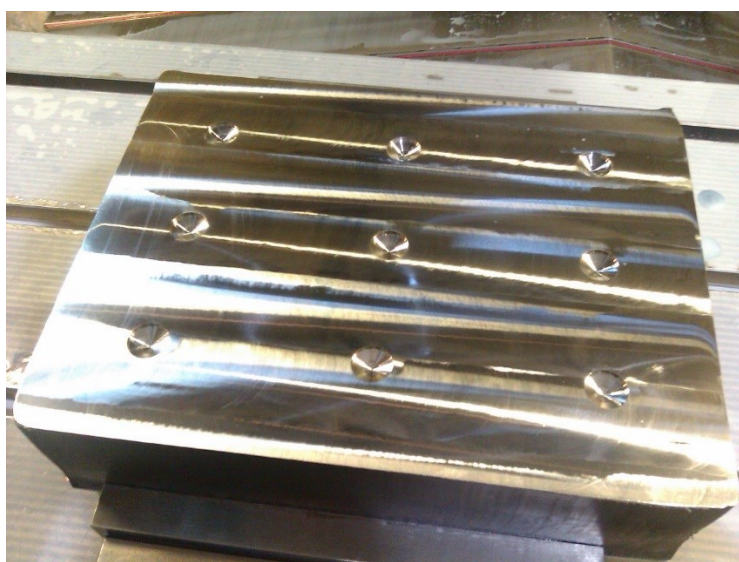
Výsledná zkouška vyšla pozitivně a je tedy přípustná.

Zkouška č. 5 – přes odvrtné otvory D 16

Tab. 2.22 Řezné parametry

Řezná rychlost v_c	180 m.min ⁻¹
Otáčky n	1102 min ⁻¹
Posuv na zub f_z	0,23 mm
Rychlost posuvu v_f	500 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu a_p	0,025 mm
Pracovní záběr a_e	40 mm

Další zkouška pokračovala přes odvrtné otvory za použití stejných frézovacích parametrů. Výsledek zkoušky vyšel stejně jako zkouška předchozí. Zkouška tedy vyhovuje. (viz obr. 2.22)

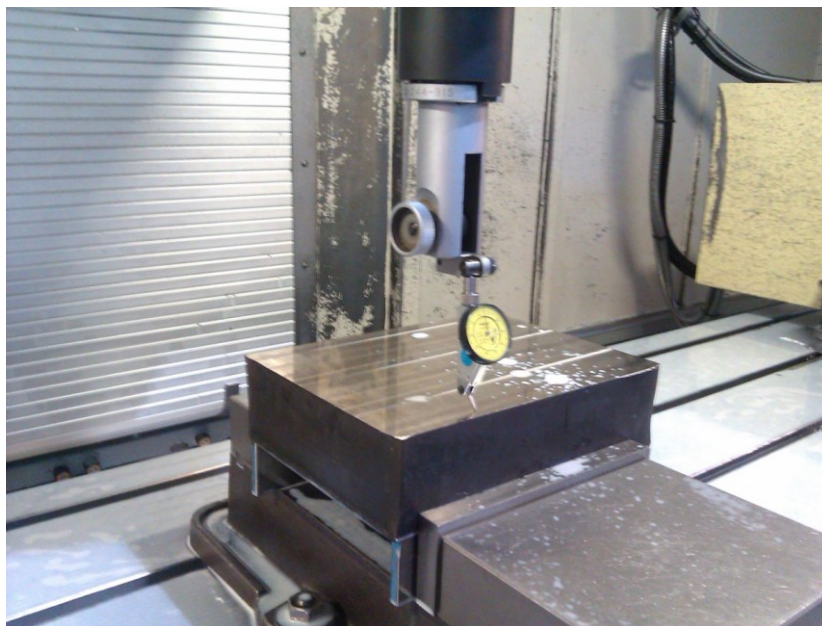


Obr. 2.22 Frézování řádkováním přes přerušovaný řez odvrtných otvorů

Měření rovinnosti se realizovalo přímo na stroji pomocí tisícínového číselníkového úchylkoměru (viz obr. 2.23).

Zapsané hodnoty z měření:

- Frézování řádkováním s vyjetím ven z materiálu - **rovinnost 0,005 mm**
- Frézování řádkováním bez vyjetí ven z materiálu - **rovinnost 0,003 mm**
- Frézování řádkováním na prázdno (druhá tříška) - **rovinnost 0,002 mm**



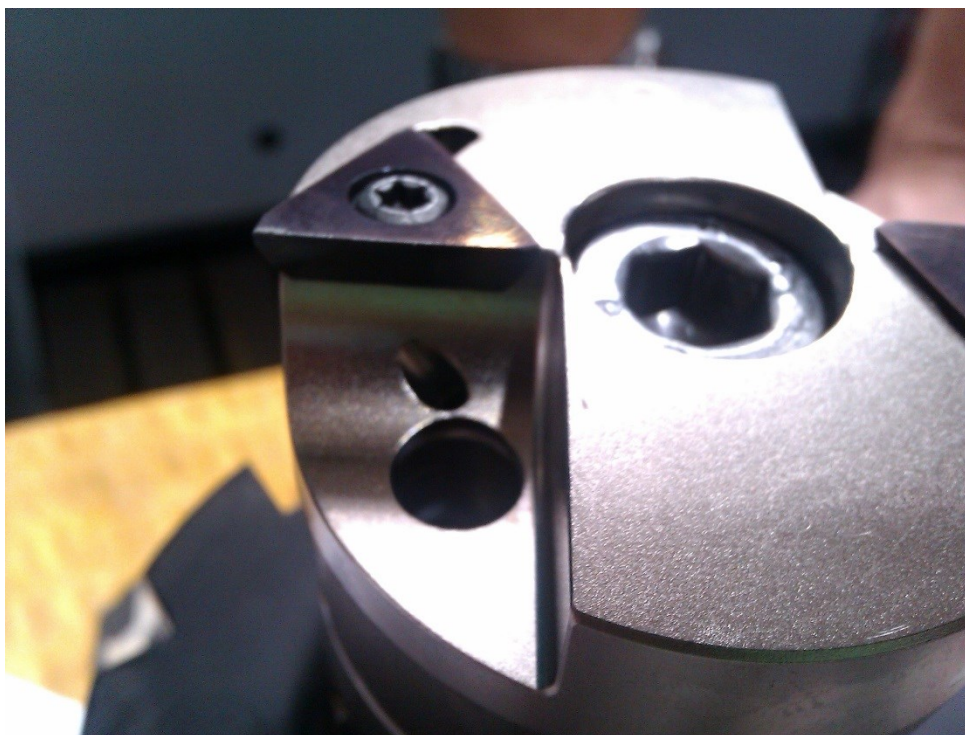
Obr. 2.23 Měření rovinnosti tisícínovým číselníkovým úchylkoměrem



Obr. 2.24 Frézování řádkováním s vyjetím frézy ven z materiálu



Obr. 2.25 Frézování řádkováním bez vyjetí frézy z materiálu



Obr. 2.26 VBD Destička – běžné opotřebení hřbetu po frézování

Závěr zkoušky frézou MIRROWORX:

Provedená zkouška byla úspěšná. Fréza jevila známky běžného opotřebení při frézování bez vyštípnutí ostří. Dosažené opracování i přes přerušovaný řez odvrtných otvorů 9 x Ø16 bylo dosaženo $R_a = 0,1 \mu\text{m}$ až $R_a = 0,15 \mu\text{m}$ měřené pomocí drsnoměru Mahr MarSurf PS.

Nejlepší dosažená rovinnost opracovaného povrchu měřená tisícinovým číselníkovým úchylkoměrem s přejetím druhé třísky na prázdno byla naměřena 0,002 mm.

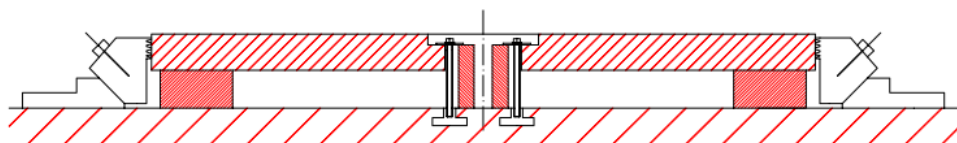
2.4 Vyhodnocení zkoušek

Z výsledků zkoušek vyplývá, že jednoznačně dobrých výsledků dosáhla dokončovací frézovací hlava MIRROWORX od firmy SEMACO. Frézovací hlava firmy Iscar se projevila jako nestabilní s ohledem na vyštípávání ostří a vizuální stopy po nástroji.

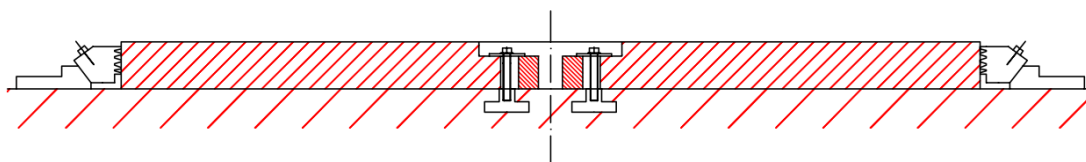
Upínání samotného obrobku BASEPLATE (č. v. 416-30041-05-068, kostka rozměr 770 x 770 x 65 mm) se musí upínat přímo na stůl obráběcího stroje (viz obr. 2.29) za pomoci upínek a stabilních čelistí (viz obr. 2.30). Upínáním na 4 broušené kostky (viz obr. 2.28) docházelo k vibracím a tím k zhoršení povrchu opracování až na $R_a = 2,1 \mu\text{m}$ a fréza zanechávala stopy.

Dalším kritériem je správná koncentrace chladicí emulze 9 – 11%. Při nižší koncentraci fréza nechávala stopy na povrchu a vznikál nárůstek.

Jako důležitým aspektem se projevilo i seřízení destiček vůči sobě v toleranci 0,002 - max. 0,003 mm, jinak dochází k nerovnoměrnému opotřebení a zhoršení povrchu opracování.



Obr. 2.27 Schéma upínání na 4 kostky s pomocí stabilních upínacích čelistí a přidržovacích šroubů



Obr. 2.28 Schéma upnutí přímo na stůl pomocí stabilních upínacích čelistí a přidržovacích šroubů



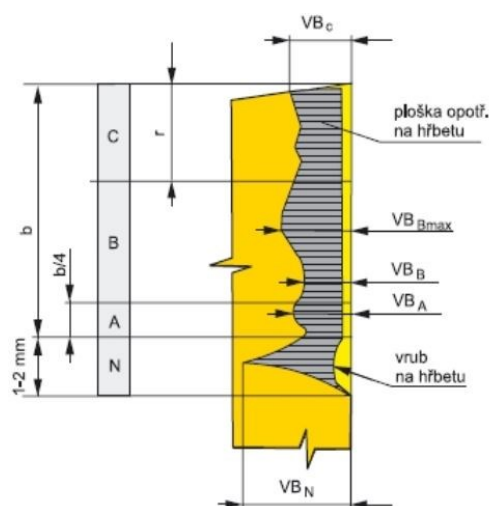
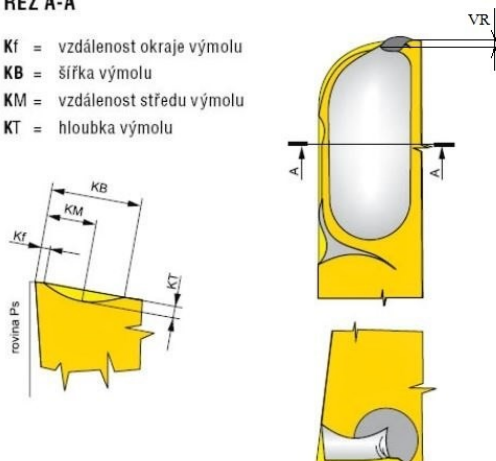
Obr. 2.29 Stabilní upínací čelisti

2.4.1 Měření opotřebení VBD

V našem případě, kdy se jednalo o dokončovací operaci a hloubka a_p nepřesahovala 0,025 mm, se měřilo lupou SANDVIK Coromant (viz obr. 2.9) pouze běžné opotřebení na hřbetu řezné destičky a to po dokončení celé jedné operace bez výměny destičky. Dle normy ČSN ISO 3685, byla zjištěna a měřena forma opotřebení VBc. U zkoušek v kapitole 2.1 a 2.2 se vyskytovalo i opotřebení VR. Toto opotřebení se projevilo i v kapitole 2.3, ale pouze u zkoušky viz tab. 2.17 a tab. 2.18 vlivem špatné volby řezných podmínek. Cílem bylo sladit řezné podmínky tak, aby nedocházelo k opotřebení destičky během dané operace a životnost byla co nejvyšší. Výměna břitové destičky během operace by znamenala zhoršení kvality povrchu a případné viditelné stopy v napojení dalšího průchodu třísky.

ŘEZ A-A

Kf = vzdálenost okraje výmolu
KB = šířka výmolu
KM = vzdálenost středu výmolu
KT = hloubka výmolu



Obr. 2.30 Kritéria opotřebení nástroje
 - nárys [9]

Obr. 2.31 Kritéria opotřebení nástroje
 - bokorys [9]

VB – opotřebení na hřbetě,

VBc – opotřebení v oblasti špičky nástroje,

VBN – opotřebení ve formě vrubu

VB – opotřebení v primární části ostří (průměrné)

VBmax – opotřebení maximální

KT – hloubka výmolu na čele,

Kf – vzdálenost výmolu od čela,

KM – střední vzdálenost výmolu,

KB – šířka výmolu,

VR – radiální opotřebení [9]

3 Technicko – ekonomické zhodnocení

Stávající způsoby broušení:

Pořizovací náklady nástroje:

Žádné z důvodů provedení úkonu (operace) v kooperaci

Náklady na výrobu:

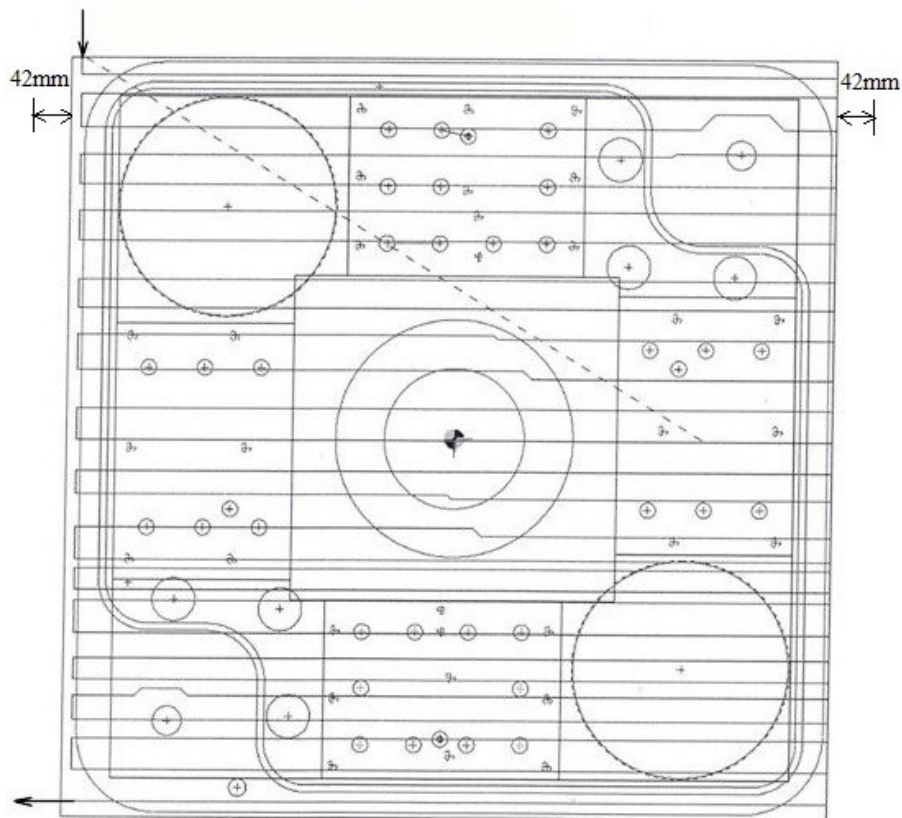
Tab. 3.1 Náklady výroby broušením – kooperant Ostroj a.s. Opava

Broušení - hrubování	15 650 Kč / ks
Broušení – dokončovací na čisto	11 200 Kč / ks
Mezioperační doprava 2x	9 580 Kč
Celkové náklady	36 430 Kč

Mezioperační dopravu hradí kooperant.

Nová technologie:

Dokončovací operace se bude provádět frézou Mirroworx v rámci dokončovacího cyklu obrábění na čisto. Obrobek se nejdříve předhrubuje a poté na čisto obrobí frézou Mirroworx, proto počítáme s přípravným časem 200 min.



Obr. 3.1 Dráha nástroje – velikost záběru $a_e = 33 - 42$ mm

Dráha nástroje při prvním průchodu L_1 byla vypočtena jako hodnota z velikosti záběru frézy $a_e = 42$ mm vynásobená 2x (vyjetí a najetí frézy do materiálu) a připočtená k rozměru obrobku ($M = 770$ mm). Následně byly spočítány průchody frézy ($n = 26$) a vynásobeny dráhou nástroje L_1 . Jednotkový strojní čas, vypočteme tedy z podílu celkové dráhy nástroje L_C a posuvu v_f .

Dráha nástroje při prvním průchodu:

$$L_1 = M + (2 \times a_e)$$

$$L_1 = 770 + (2 \times 42) = 854 \text{ mm}$$

Posuvová rychlost (viz tab. 2.21):

$$v_f = 500 \text{ mm/min}^{-1}$$

Celková dráha nástroje:

$$L_C = L_1 \times n$$

$$L_C = 854 \times 26 = 22\,204 \text{ mm}$$

Jednotkový strojní čas:

$$t_{as} = \frac{L_C}{v_f} = \frac{22\,204}{500} = 44,5 \text{ min} \approx 45 \text{ min}$$

Pořizovací náklady nástroje:**Tab. 3.2** Náklady hladicího nástroje Mirroworx

Nástroj	7224 Kč / ks (258 €)
VBD	313 Kč / ks (11,18 €)
Celkové náklady nástroje	7850 Kč

Ve výpočtu celkové ceny nástroje jsou zahrnuty 2 ks VBD jelikož fréza Mirroworx má 2 zuby. (viz **Příloha A**)

Tab. 3.3 Náklady výroby na dávku 4 kusů

Strojní čas t_s 2x	45 min
Přípravný čas	200 min
Operace 30 hrubování + dokončování na čisto	90 min
Operace 130 hrubování + dokončování na čisto	90 min
Výměna nástroje	4 min
Sazba centra MCFV 2080	15,72 Kč / min
Celkový čas dokončení	345,6 min
Náklady na dokončení	5 432,83 Kč/ks

Celkový čas dokončení v operaci 30:

$$T_{c1} = (90 + 50 + 4) \times 1,2 = 172,8 \text{ min}$$

Celkový čas dokončení v operaci 130:

$$T_{c2} = (90 + 50 + 4) \times 1,2 = 172,8 \text{ min}$$

Celkový čas dokončení:

$$T_c = T_{c1} + T_{c2} = 172,8 + 172,8 = \mathbf{345,6 \text{ min}}$$

Náklady na dokončení:

$$N_p = 345,6 \times 15,72 = \mathbf{5\,432,83 \text{ Kč/ks}}$$

Hodnotu 50 získáme podílem přípravného času a počtem kusů na dávku.

1,2 ... koeficient směnového času

Vyhodnocení nákladů:**Tab. 3.4** Vyhodnocení nákladů broušení a frézování

Náklady výroby broušením	36 430 Kč / ks
Náklady technologií dokončení	5 432,83 Kč / ks
Rozdíl obou metod	30 997,17 Kč / ks

$$N_v = 36\,430 - 5\,432,83 = 30\,997,17 \text{ Kč}$$

Rozdíl obou metod je finančně značný. Zavedením nové technologie tak uspoříme 30 997,17 Kč na jednom obrobku.

Tab. 3.5 Nový technologický postup výroby HK

Operace	Název	Typ	Název
10	ŘJ (vstupní kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
20	ŘJ mezioper. kontr.)	Režijní operace	Kontrola ORJ
30	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
40	WH 10	Jednicová operace	Horizontální vyvrtávačka WH10N
50	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
60	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
70	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
90	Centrum frézovací	Jednicová operace	Hor. Centrum velké
100	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
110	Zámečnick	Jednicová operace	Zámečnick nástrojů

115	Zámečník	Jednicová operace	Zámečník nástrojů
120	ŘJ (mezioper. kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
130	Všeobecná	Kooperace	Chemické čištění
140	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
150	Frézovací centrum	Jednicová operace	Obr. centrum MCFV2080
160	MULTI 4	Jednicová operace	Značící zařízení MULTI 4
170	Všeobecná	Kooperace	Povlak
175	Zámečník	Jednicová operace	Zámečník nástrojů
180	Zámečník	Jednicová operace	Zámečník nástrojů
185	Zámečník	Jednicová operace	Zámečník nástrojů
190	ŘJ 3D	Jednicová operace	Kontrola ORJ
200	ŘJ (výstupní kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
210	Zámečník	Jednicová operace	Zámečník nástrojů
220	Balící předpis	Režijní operace	Balící předpis
230	ŘJ (kontrola)	Režijní operace	Kontrola ORJ
240	Schválení dokumentace	Režijní operace	Schválení dokumentace

Závěr

Zadáním této diplomové práce bylo nahrazení technologie broušení za progresivnější metodu obrábění. Hlavním úkolem této práce bylo zproduktivnit a zefektivnit výrobu hydraulických kostek ve firmě V-NASS, a.s.

Začátek práce byl zaměřen na stávající technologii obrábění povrchu hydraulických kostek na čisto. Dalším krokem bylo navržení nové technologie opracování povrchu hydraulických kostek a to frézování.

Při první zkoušce byla použita univerzální čelní frézu s vícehrannými destičkami. Z výsledků však vyplynulo, že výsledný povrch při obrábění touto frézou nedosahuje požadovaných vlastností (fréza zanechávala stopy v materiálu, které byly nepřípustné). V tomto případě jsme dosáhli drsnosti $R_a = 0,4 - 0,8 \text{ } \mu\text{m}$ naměřené na drsnoměru Mahr MarSurf PS1, změřena byla i rovinnost číselníkovým úchylkoměrem a to $0,01 \text{ mm}$.

K druhé zkoušce se využila frézovací hlava MICRO MILL. Jako první břitové destičky se použili destičky z cermetu (YDA323L101 IN0560). U této destičky docházelo k nadměrnému opotřebení hřbetu destičky a vyštípnutí ostří. Docházelo k vytváření nárůstku a obrobený povrch nedosahoval požadovaných vlastností.

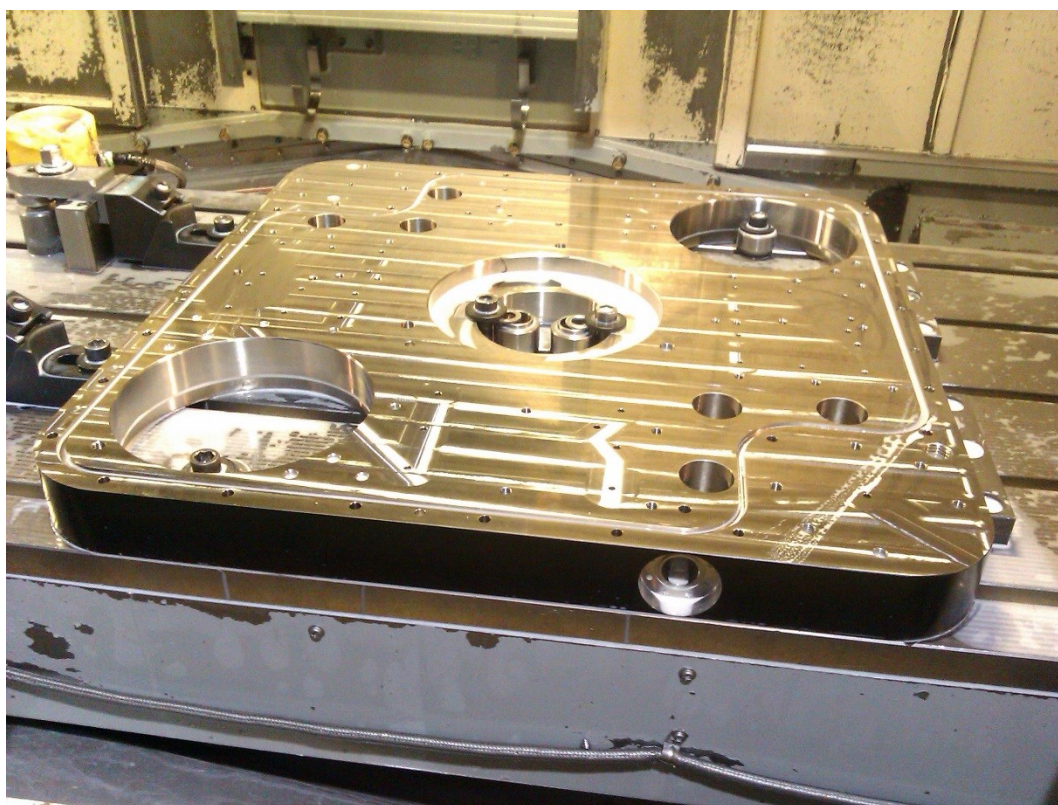
Následně byly vyměněny břitové destičky za destičky ze slinutého karbidu (YDA323L101 IN0540). Dobrých výsledků destička dosahovala, při nastavení frézovacích parametrů $f_z = 4 \text{ mm}$, $v_f = 1820 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, $a_p = 0,05 \text{ mm}$, $a_e = 40 \text{ mm}$. Nedošlo k vyštípnutí ostří ani nadměrnému opotřebení na hřbetě břitové destičky. Bylo dosaženo opracování $R_a = 0,3 \text{ } \mu\text{m}$. Tato zkouška vyšla kladně.

Pro poslední zkoušku se zvolila frézovací hlava MIRROWORX, která se řadí mezi dokončovací frézy, tzv. hladičky s opracováním plochy R_a lepší jak $0,8 \text{ mm}$. Tato zkouška vyšla pozitivně a to nejlépe při frézovacích parametrech $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $n = 1102 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$, $f_z = 0,23 \text{ mm}$, $v_f = 500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, $a_p = 0,025 \text{ mm}$, $a_e = 40 \text{ mm}$. Opotřebení břitové destičky bylo naměřeno $0,05 - 0,08 \text{ mm}$. Bylo dosaženo požadované drsnosti $R_a = 0,1 - 0,15 \text{ } \mu\text{m}$ i přes přerušovaný řez odvrtných otvorů. Nejlepší rovinnost, která byla naměřena, byla $0,002 \text{ mm}$.

Cílem bylo sladit řezné podmínky tak, aby nedocházelo k opotřebení destičky během dané operace a životnost byla co nejvyšší. Výměna během operace by znamenala zhoršení kvality povrchu a případné viditelné stopy v napojení dalšího průchodu třísky.

V samotném závěru bylo provedeno technicko - ekonomické zhodnocení porovnání obou metod obrábění. Náklady na výrobu hydraulických kostek broušením činily 36 430 Kč na výrobu jednoho kusu HK. Celkové náklady na výrobu hydraulických kostek progresivnější metodou frézování za použití frézovací hlavy MIRROWORX byly 5 432,83 Kč na jeden kus. Celková úspora se zavedením této progresivnější technologie v praxi ušetřila 30 997,17 Kč na výrobě jednoho kusu HK. Zavedením nové progresivnější technologie pro dokončování povrchu hydraulických kostek, byly podstatně zkráceny časy pro zhotovení obrobku. Obrobek se nadále nemusí převážet do další kooperace. Dále nám tato technologie výrazně sníží náklady na výrobu HK.

Technologie frézování frézovací hlavou MIRROWORX byla vzhledem k dosažení vynikajících technicko – ekonomických výsledků na technologický proces výroby HK aplikována přímo v praxi (viz obr. 4)



Obr. 4 Obrobený povrch hydraulické kostky pomocí frézy MIRROWORX přímo v praxi

Seznam použité literatury

- [1] *V-NASS, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://www.v-nass.cz/cz/>
- [2] *Nerezová ocel 1.4404* [online]. 2009 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14404.html>
- [3] *Mitsubishi: Novinky o produktech* [online]. 2014 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://mhg-mediastore.net/epaper/N015/CZ/#41/z>
- [4] FERMAT CZ, s.r.o. *MCV 1270 Power* [online]. 2010 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/obrabeci-centrum/vertikalni-3-ose/mcv-1270-power-cs-132205/>
- [5] *Vertikální obráběcí centrum MCFV 2080* [online]. 2012. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCFV-2080>
- [6] *New Colors II*: katalog společnosti Ingersoll
- [7] *Shell-Type Milling Cutter Body Mirroworx®* [online]. 2012 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <https://www.pokolm.de/en/artikelansicht/?f=2%2052%20384>
- [8] *Lubrifiants* [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.langlet.fr/bdd/catalogues-departements/lubrifiants-colles-1.pdf>
- [9] ČSN ISO 3685: 1993. *Tool-life testing with single-point turning tools*. England : International Organization for Standardization, 15.5.2015. 48 s.

Seznam obrázků

Č. obrázku	Popis obrázku	Strana
Obr. 1	Firma V-NASS, a.s. [1]	10
Obr. 1.1	Model BASEPLATU (hydraulické kostky) – pohled na obráběnou plochu	11
Obr. 1.2	Detail broušených soustředných kružnic kolem otvoru díry	12
Obr. 2.1	Destička AHX 640S s povlakem MP 7030	16
Obr. 2.2	Vertikální obráběcí centrum MCV 1270	17
Obr. 2.3	Univerzální čelní fréza s vícehrannými destičkami D100	17
Obr. 2.4	Zkouška č. 1 – vizuální stopy celé plochy	18
Obr. 2.5	Zkouška č.1 – vizuální stopy – detail	19
Obr. 2.6	OC MCFV 2080	20
Obr. 2.7	Povlakovaný cermet	21
Obr. 2.8	Drsnoměrem Mahr MarSurf PS1	22
Obr. 2.9	Měřicí lupa firmy SANDVIK Coromant	22
Obr. 2.10	Detail měřicí stupnice lupy SANDVIK Coromant	22
Obr. 2.11	Fréza D63 s použitím jedné destičky	24
Obr. 2.12	První zkouška řádkováním	24
Obr. 2.13	Destička YDA323L101 IN0560 CERMET – nadměrné opotřebení hřbetu břitů	24
Obr. 2.14	Řezná destička IN 0540 – SK	25
Obr. 2.15	Nejlepší dosažené opracování $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ a rovinnost $0,02 \text{ mm}$	30
Obr. 2.16	Změna směru třísky příčně	31



Obr. 2.17	Destička YDA323L101 IN0540 SK – nárůstek na břitech	32
Obr. 2.18	Vizuální stopy po destičce po 4 mm (posuv 4 mm na VBD)	33
Obr. 2.19	Vertikální seřizovací přístroj BMD 315v HSC (KC)	34
Obr. 2.20	Měření VBD na přístroji BMD 315v HSC	35
Obr. 2.21	Opotřebení břitové destičky – vyštípnutí	36
Obr. 2.22	Frézování řádkováním přes přerušovaný řez odvrtných otvorů	38
Obr. 2.23	Měření drsnosti tisícínovým číselníkovým úchylkoměrem	39
Obr. 2.24	Měření VBD na přístroji BMD 315v HSC	39
Obr. 2.25	Frézování řádkováním s vyjetím frézy ven z materiálu	39
Obr. 2.26	Frézování řádkováním bez vyjetí frézy z materiálu	40
Obr. 2.27	Schéma upínání na 4 kostky s pomocí stabilních upínacích čelistí a přidržovacích šroubů	41
Obr. 2.28	Schéma upnutí přímo na stůl pomocí stabilních upínacích čelistí a přidržovacích šroubů	41
Obr. 2.29	Stabilní upínací čelisti	41
Obr. 2.30	Kritéria opotřebení nástroje - nárýs	42
Obr. 2.31	Kritéria opotřebení nástroje - bokorys	42
Obr. 3.1	Dráha nástroje – velikost záběru $a_e = 33 - 42$ mm	44
Obr. 4	Obrobený povrch hydraulické kostky pomocí frézy MIRROWORX přímo v praxi	49

Seznam tabulek

Č. tabulky	Popis tabulky	Strana
Tab. 1.1	Technologický postup HK s broušením v kooperaci	13
Tab. 1.2	Chemické složení	14
Tab. 1.3	Mechanické vlastnosti	14
Tab. 1.4	Bruska rovinná BPV 80 A	15
Tab. 1.5	Řezné podmínky	15
Tab. 2.1	Technické parametry stroje MCV 1270 CNC	17
Tab. 2.2	Parametry frézování	18
Tab. 2.3	Technické parametry stroje OC MCFV 2080	20
Tab. 2.4	Řezné parametry zkoušky č. 1	21
Tab. 2.5	Řezné parametry zkoušky č. 2	23
Tab. 2.6	Řezné parametry zkoušky č. 3	25
Tab. 2.7	Řezné parametry zkoušky č. 4	26
Tab. 2.8	Řezné parametry zkoušky č. 5	26
Tab. 2.9	Řezné parametry zkoušky č. 6	27
Tab. 2.10	Řezné parametry zkoušky č. 7	28
Tab. 2.11	Řezné parametry zkoušky č. 8	28
Tab. 2.12	Řezné parametry zkoušky č. 9	29
Tab. 2.13	Řezné parametry zkoušky č. 10	29
Tab. 2.14	Řezné parametry zkoušky č. 11	31
Tab. 2.15	Obráběcí nástroj Mirroworx	33



Tab. 2.16	Vyměnitelné destičky TEHX 16T3 ZF z materiálu HSC05	33
Tab. 2.17	Vlastnosti emulgačního oleje Polybio 200 [8]	35
Tab. 2.18	Řezné parametry zkouška č. 1	35
Tab. 2.19	Řezné parametry zkouška č. 2	36
Tab. 2.20	Řezné parametry zkouška č. 3	37
Tab. 2.21	Řezné parametry zkouška č. 4	37
Tab. 2.22	Řezné parametry zkouška č. 5	38
Tab. 3.1	Náklady výroby broušením – kooperant Ostroj a.s. Opava	43
Tab. 3.2	Náklady hladícího nástroje Mirroworx	45
Tab. 3.3	Náklady výroby na dávku 4 kusů	45
Tab. 3.4	Vyhodnocení nákladů broušení a frézování	46
Tab. 3.5	Nový technologický postup výroby HK	46

Seznam příloh

Příloha A Cenová nabídka SEMACO

Příloha B Kalibrační list drsnoměru Mahr MarSurf PS1

Výkresové přílohy:

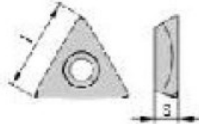
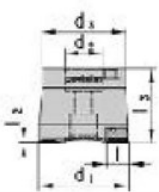
SCM BASEPLATE (32 POSITION) – 416-30041-05-068 – E-1 – list 1/2

SCM BASEPLATE (32 POSITION) – 416-30041-05-068 – E-2 – list 2/2

Příloha A Cenová nabídka SEMACO

Cenová nabídka č. 522122323



Dodavatel : SEMACO tools and software, s.r.o. B. Němcové 787 790 01 Jeseník		Odběratel : V-NASS, a.s. Halasova 2938/1A 706 02 Ostrava - Vítkovice			
Telefon : +420 584 458 520 Fax : +420 584 458 1 E-mail : obchod@semaco.cz IČO : 64619338 DIČ : CZ64619338		Datum vystavení : Platnost do :			
Poz. č.	Objednací číslo :	Popis položky	Množství MJ	Cena za MJ EUR	Cena celkem v Eur
Termin dodání					
1.	04 84 835	VBD TEHX 16T3 ZF HSC05	10 ks	17,20 € - 35 % 11,18 €	111,80 €
			Termin dodání: 1-2 týdny		
2.	2 52 384 vym	Mirroworx®-nástrčná fréza d1=52; l3=43; Z2	1 ks	344,00 € - 25 % 258,00 €	258,00 €
			Termin dodání: 1-2 týdny		
CELKEM v EUR bez DPH					369,80

Vyřizuje obchodní zástupce:

Dodací termíny platné s výhradou meziprodeje.

Při objednání budete požádáni o souhlas se zasláním faktur elektronickou formou s elektronickým podpisem.

Ceny platné pouze v EUR. V případě objednání budou ceny přepočítány do CZK při fakturaci aktuálním kurzem ČNB.

Při objednávce uvádějte, prosím, číslo této cenové nabídky

Příloha B Kalibrační list drsnoměru Mahr MarSurf PS1**Checkliste MarSurf PS1**

Reparaturauftrag: 643452683 **RM. – Nr.:** 2024803 **Kunde:** Mahr
Gerätetyp: PS1 **Werk. – Nr.:** 7375 **Ident. – Nr.:** 6910200
Taster: PHT6-350 **Werk. – Nr.:** 24592 **Ident. – Nr.:** 6111520

☒ **ohne Fehlerbeschreibung!** ☐ **kein Fehler festgestellt!**

Nr.	Frage	i.O.	Bemerkungen
1.	Softwaretest / Version	<input checked="" type="checkbox"/>	V1.02-03
2.	Funktionstest LCD-Anzeige	<input checked="" type="checkbox"/>	
3.	Funktionstest Tastatur	<input checked="" type="checkbox"/>	
4.	Vorschubgerät verschiebbar, klappert nicht	<input checked="" type="checkbox"/>	
5.	Schnittstellentest USB an PC; RS232	<input checked="" type="checkbox"/>	
6.	Tastgeschwindigkeit	Soll: 0,475 mm/s bis 0,525 mm/s	<input checked="" type="checkbox"/>
7.	Taststrecken prüfen	1,75 mm 1,65 mm bis 1,98 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
		5,6 mm 5,32 mm bis 6,03 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
		17,5 mm 16,62 mm bis 18,53 mm	<input checked="" type="checkbox"/>
8.	Rücklauf	<input checked="" type="checkbox"/>	
9.	Kalibrierung mit dem integrierten Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Rz: 9,48
10.	Messung auf PGN 3	Toleranz: $\pm 0,4 \mu\text{m}$	<input checked="" type="checkbox"/>
11.	Messung auf Planglas	Lt = 1,75 mm Rz < 0,1 μm	<input checked="" type="checkbox"/>

Festgestellter Fehler:

Taster, Kalibriernormal und Schaltmatte defekt

Anmerkungen:

Bei evtl. Reklamationen senden Sie bitte diese Checkliste mit Fehlerbeschreibung und bemängelter Ware an uns zurück. Als Ansprechpartner steht Ihnen der auf dem Lieferschein genannte Sachbearbeiter zur Verfügung.

Datum: 13.11. 2015

Prüfer:

K88

Abteilung: 383

**Kalibrierschein KIL 130330**

Calibration Certificate / Certificat de Contrôle

Gegenstand Object / Objet	Geometrienormal Geometric standard Étalon géométrique
Hersteller Manufacturer / Fabricant	Mahr GmbH, Göttingen
Typ Type / Type	MarSurf PS1
Serien-Nr. Serial No. / N° de série	7375
Ident-Nr. Ident No. / N° d'identification	6910200
Datum der Kalibrierung Date of calibration / Date de calibration	13.11. 2015

Die Kalibrierung erfolgt durch Vergleich mit Normalen bzw. Normalmesseinrichtungen oder auf Grundlage dokumentierter Kalibrierverfahren. Die Normale oder Normalmesseinrichtungen sind rückführbar auf nationale Normale der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) oder auf andere nationale Normale.

The calibration is performed by comparison with reference standards, with standard measuring equipment or on the basis of documented calibration procedures. The reference standards and standard measuring equipment are traceable to the measurement standards maintained by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) or to other national standards.

Le contrôle se produit par comparaison avec des étalons ou équipements de mesure standards ou sur la base d'un processus de contrôle documenté. Les étalons et équipements de mesure standards se rapportent au Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ou à d'autres étalons nationaux.

1. Messaufgabe

Measuring task / Tâche de mesure

Ermittlung der Rauheitskenngrößen gemäß ISO 4288 : 1998 unter Verwendung eines phasenkorrekten Profilfilters gemäß ISO 11562 : 1998 an einem Raunormal.

Determining the surface roughness parameters as per ISO 4288 : 1998 by using a phase-correct profile filter according to ISO 11562 : 1998.

Détermination des paramètres des états de surface selon ISO 4288 : 1998 en utilisant un filtre de profil à phases correctes selon ISO 11562 : 1998.

2. Messverfahren

Method of measurement / Méthode de mesure

Die Messungen wurden mit einem Freitastsystem durchgeführt. Der Tastspitzenradius betrug 2 µm, die statische Messkraft 0,7 mN. Die Bestimmung der Messwerte erfolgte mit einer Grenzwellenlänge $\lambda_c = 0,8$ mm und einer Gesamtmessstrecke $l_m = 4,0$ mm. Es wurden drei Messungen über die Messfläche verteilt.

The measurements have been performed with a skidless tracing system featuring a stylus tip radius of 2 µm and a static measuring force of 0.7 mN. The measuring values were determined with a cut-off wavelength of $\lambda_c = 0.8$ mm and an evaluation length of $l_m = 4.0$ mm. Three measurements have been distributed over the measuring surface.

Les mesures ont été effectuées avec un palpeur libre. Le rayon de la pointe de palpée était de 2 µm, la force de mesure statique de 0,7 mN. Les valeurs de mesure ont été déterminées avec une longueur d'onde limite de $\lambda_c = 0,8$ mm et une longueur d'évaluation de $l_m = 4,0$ mm. Trois mesures ont été réparties sur la surface de mesure.

3. Messergebnisse

Measuring results / Résultats de mesure

Gemittelte Rautiefe Mean peak-to-valley height Rugosité moyenne	R_z	9,48 µm	U 10 %
---	-------	---------	-------------

4. Messunsicherheit

Uncertainty of measurement / Incertitude de mesure

Die Messunsicherheit U wurde gemäß DIN 1319 Teil 3 durch quadratische Addition aus einer abgeschätzten Komponente für unbekannte systematische Abweichungen und aus der Zufallskomponente bestimmt. Die Standardmessunsicherheit wurde mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ multipliziert.

The uncertainty of measurement U has been determined as per DIN 1319 part 3 by root mean square addition of an estimated component for unknown systematic deviations and the stochastic component. The standard uncertainty of measurement has been multiplied by a coverage factor $k = 2$.

L'incertitude de mesure U a été déterminée selon DIN 1319 partie 3 par l'addition quadratique d'une composante estimée pour les erreurs systématiques inconnues et de la composante aléatoire. L'incertitude de mesure standard a été multipliée par un facteur d'extension $k = 2$.



Mahr GmbH Göttingen
Carl-Mahr-Straße 1
D-37073 Göttingen

Stempel
Stamp / Cachet

Prüfbeauftragter
Inspector / Contrôleur

Mahr GmbH, Postfach 1853, D-37008 Göttingen, Telefon (0551) 7073-0, Telefax (0551) 71021
3758710 KS DE-FALEP 2006.04.04

2 / 2

Poděkování:

Poděkování patří firmě V–NASS, a.s. za poskytnutí pracovních technologií, materiálů a podstatných informací o daném problému, s jejichž pomocí vznikla tato diplomová práce. Poděkovat bych chtěl především vedoucímu oddělení technologie výroby panu Petru Stiborovi a panu Ing. Petru Vitáskovi, řediteli firmy V-NASS, a.s.

Dále děkuji panu doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za vedení a rady při tvorbě diplomové práce.



Michal Kuře